

CLIPPEDIMAGE= FR002650476A1

PUB-NO: FR002650476A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: FR 2650476 A1

TITLE: Method for detecting in plants diseases with visible symptoms

PUBN-DATE: February 8, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
DUCHESNE, JEAN	N/A
BOUTEMY, GERARD	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
RHONE POULENC AGROCHIMIE	FR

APPL-NO: FR08910581

APPL-DATE: August 1, 1989

PRIORITY-DATA: FR08910581A (August 1, 1989)

INT-CL_(IPC): A01G007/00; A01G013/00

EUR-CL (EPC): A01G007/00; G01N021/35

US-CL-CURRENT: 47/FOR.100,47/58.1

ABSTRACT:

Method for detecting in plants diseases with visible symptoms by detecting the emission of radiation between various zones of crops.

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication : **2 650 476**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)
(21) N° d'enregistrement national : **89 10581**
(51) Int Cl⁸ : A 01 G 13/00, 7/00.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 1^{er} août 1989.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOP1 « Brevets » n° 6 du 8 février 1991.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *RHONE POULENC AGROCHIMIE* — FR.

(72) Inventeur(s) : Jean Duchesne ; Gérard Boutemy.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Charles Brachotte.

(54) Procédé de détection des maladies des plantes à symptômes visibles.

(57) Procédé de détection des maladies des plantes à symptômes visibles par détection d'émission de rayonnement entre diverses zones de cultures.

FR 2 650 476 - A1

La détection précoce des maladies des plantes, et spécialement des maladies fongiques, est un problème extrêmement important pour de nombreuses raisons. L'une de ces raisons est que, pour enrayer
5 une épidémie, il faut appliquer un traitement phytosanitaire, et généralement un traitement pesticide, le plus tôt possible. Une autre raison est que de nombreuses matières actives fongicides sont actives de manière préventive et n'ont pas beaucoup
10 d'efficacité ou ont une efficacité réduite par voie curative, il est donc trop tard de traiter les cultures lorsque la maladie est pleinement déclarée.

Actuellement la détection précoce des maladies des plantes et spécialement des maladies fongiques
15 et/ou des épidémies est réalisée par des observateurs humains situés à des endroits où l'expérience a montré que les maladies et/ou épidémies ont tendance à se déclancher. Lorsqu'une maladie est déclanchée, c'est-à-dire lorsque la ou les maladies donnent lieu
20 à des symptômes visibles à l'oeil nu, ces observateurs communiquent leurs observations à l'organisme officiel (organisme dépendant d'un ministre du gouvernement en ce qui concerne la France) de la protection des végétaux qui transmet
25 ses avertissements aux divers agriculteurs intéressés. Il est évident qu'un tel système est long à mettre en oeuvre et ne permet en aucune manière une détection rapide et précoce des maladies fongiques ou non fongiques. Certes, il est techniquement simple de
30 repérer les maladies lorsqu'elles sont déjà largement déclarées mais cette détection est souvent trop tardive si elle a pour but de donner un avertissement en vue d'un traitement adéquat

Un but de la présente invention est de fournir un procédé de détection précoce des maladies des plantes et spécialement des cultures.

5 Un autre but de la présente invention est de fournir un procédé de détection précoce des maladies fongiques des plantes.

Un autre but de la présente invention est de fournir un procédé de détection précoce des maladies des plantes provoquées par des nématodes.

10 Un autre but de la présente invention est de fournir un procédé de détection précoce des maladies des plantes lorsque les plantes atteintes peuvent déjà présenter des symptômes visibles à l'oeil nu.

15 Un autre but de la présente invention est de fournir un procédé permettant la détection des maladies des plantes lorsque les maladies atteignant les plantes sont des maladies foliaires ou racinaires.

20 Un autre but de la présente invention est de fournir un procédé de détection précoce des maladies des plantes lorsqu'il s'agit de maladies devant être traitées par action préventive.

25 L'invention concerne donc un procédé de détection précoce des maladies des plantes caractérisé en ce qu'on réceptionne et mesure (et éventuellement enregistre) le rayonnement infrarouge émis par les plantes d'une zone cultivée (c'est-à-dire comprenant une culture) et que l'on repère (et de préférence mesure) une différence de rayonnement
30 par rapport à une autre zone de la même surface ou parcelle de terrain cultivé.

L'invention concerne donc un procédé de détection des maladies des plantes lorsque ces

maladies présentent des symptômes visibles , même lorsque ces symptômes sont peu abondants, en sorte que la détection selon l'invention est néanmoins une détection précoce permettant de traiter les plantes pendant qu'il en est encore temps

Selon un aspect préféré de l'invention, le procédé de l'invention est caractérisé en ce qu'on réceptionne un rayonnement infrarouge thermique émis par les plantes, c'est-à-dire un rayonnement situé dans la gamme de longueur d'onde comprise entre 5 et 100 microns, de préférence compris entre 8 et 14 microns. Ce type de rayonnement est donc un rayonnement essentiellement d'émission et non pas de réflexion. On remarque que le procédé de l'invention est ainsi bien différent des procédés habituels, car les films photographiques actuels (aussi bien les films panchromatiques que les films couleur, les films infrarouge noir et blanc, les films infrarouge couleur) ne sont pas sensibles à ce type de rayonnement . De même le satellite SPOT connu pour faire des enregistrements d'images terrestre ne possède pas de canaux capables d'enregistrer ce type de rayonnement.

La réception du rayonnement infrarouge se fait par le moyen d'un récepteur de rayonnement infrarouge connu en soi, de préférence par le moyen d'un récepteur de rayonnement infrarouge thermique connu en soi, et spécialement un récepteur capable d'effectuer des mesures des valeurs du rayonnement ou de la température, et éventuellement des enregistrements de ces mesures. Cet appareil de réception infrarouge peut exprimer le rayonnement reçu soit sous forme de quantité de

rayonnement reçu (l'unité la plus courante est alors le watt-m⁻²), soit sous forme d'une autre caractéristique, par exemple la température. Dans ce dernier cas la température s'exprime selon toute
5 unité de mesure connue en soi, de préférence en degrés celsius. Dans ce dernier cas également l'appareil de réception de quantité de rayonnement est de préférence un radiothermomètre, c'est-à-dire un appareil qui mesure la température à distance.
10 Bien entendu, dans le procédé selon l'invention, on utilise avantageusement des appareils de réception et de mesure de rayonnement infrarouge à sensibilité élevée, et en particulier ayant une sensibilité supérieure aux différences de rayonnement ou de
15 températures qu'on cherche à mesurer

Dans le but d'avoir une meilleure réception de l'émission infrarouge, on préfère réceptionner cette émission en situation
d'éclairage solaire direct des plantes cultivées. La
20 présence de nuages blancs ou gris clair obstruant le rayonnement solaire est admissible, mais on préfère opérer la détection en l'absence de tout nuage, et surtout en l'absence de nuages noir ou gris foncé.

La distance entre la zone cultivée sur laquelle on fait la détection et le récepteur (mesureur) de rayonnement infrarouge ou de température n'est pas
25 importante dans la mesure où on respecte les conditions de longueurs d'onde qui ont été spécifiées par ailleurs

30 On sait que d'une manière générale, il existe une relation entre le rayonnement émis par une surface quelconque, et par une plante en particulier, et la température de ladite surface. La relation est habituellement exprimée sous la forme

$$E = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

σ étant une constante universelle dont la valeur est le plus souvent reconnue comme étant égale à $5,67 \cdot 10^{-8}$

5 watt.m⁻².degré Kelvin ⁻⁴

ϵ étant une caractéristique de la surface émettrice, et dans le cas de la présente invention, une caractéristique de la culture dans les conditions particulières de culture considérées.. ϵ est
10 généralement voisin de 0,95 à 0,96 pour le blé.

T est la température en degrés kelvin, c'est-à-dire la température absolue.

Dans le but d'opérer dans des conditions plus
15 favorables à une détection certaine, on préfère habituellement opérer la détection lorsque l'humidité du sol est assez homogène, c'est-à-dire suffisamment homogène pour ne pas induire à elle seule des
20 variabilités de températures significatives par rapport aux variations de températures observées du fait de la maladie.

Dans le but encore d'opérer dans des conditions favorables à une détection certaine, on préfère opérer la détection lorsque l'humidité relative de
25 l'atmosphère est faible, c'est-à-dire généralement inférieure à 70 % , de préférence inférieure à 50 % .

Dans le but encore d'opérer dans des conditions plus favorables à une détection certaine, on préfère, dans le cas des céréales, opérer la détection avant
30 l'épiaison, de préférence entre le tallage et le début de la montaison.

Dans le but encore d'opérer dans des conditions plus favorables à une détection certaine, on préfère opérer la détection sur une culture couvrante, c'est-

à-dire sur une culture ayant un indice foliaire supérieur à 2, de préférence supérieur à 2,5. Par indice foliaire on entend le rapport entre la surface totale des feuilles des plantes situées dans une zone cultivée donnée et la surface de la dite zone.

Dans le but d'opérer dans des conditions plus favorables à une détection certaine, on préfère opérer la détection dans des conditions opératoires éliminant autant que possible tout phénomène, en particulier les phénomènes météorologiques, pouvant introduire parasitairement des différences de températures ou des différences de rayonnement infrarouge d'origine autre que celui d'une maladie des plantes.

Dans le but d'obtenir une détection plus certaine et plus exacte de la différence de rayonnement ou de température on procède avantageusement par une série de mesures répétées. Généralement ces mesures sont effectuées à intervalles de temps réguliers, l'intervalle individuel ayant une durée comprise avantageusement entre 2 secondes et 1 minute, de préférence entre 3 et 30 secondes. Généralement encore ces mesures sont effectuées sur un intervalle de temps global compris entre 1 minute et trente minutes, de préférence entre 2 minutes et 10 minutes. En divisant la somme des mesures individuelles par le nombre de mesures faites, on obtient une valeur assez correcte du rayonnement ou de la température ou des différences de rayonnement ou de température.

Selon ce qui a été dit plus haut, l'invention concerne donc un procédé de détection des maladies des plantes comprenant une phase au cours de laquelle on repère une différence de rayonnement entre une

zone cultivée par rapport à une autre zone de la même
parcelle de terrain cultivé, ces deux zones étant
semblables du point de vue de la culture, mais
distinctes du point de vue de l'état des plantes et
5 notamment du point de vue de l'état de santé des
plantes

Par zone semblable du point de vue de la
culture, on entend deux zones où se trouvent les
10 mêmes cultures, la même variété culturale, celles-ci
étant entretenues dans les mêmes conditions
culturales, avec la même densité de semis, la seule
différence essentielle et/ou macroscopique entre les
deux zones étant une différence dans l'infestation ou
15 le degré d'infestation par la maladie des deux dites
zones.

Le procédé de l'invention est en pratique un
procédé fonctionnant par zones imbriquées, c'est-à-
20 dire un procédé dans lequel on opère la détection (la mesure) du rayonnement ou de la température (ou
plus exactement des différences de rayonnement ou de
température) par balayage de toute une surface
cultivée. L'appareil récepteur de rayonnement
25 infrarouge est alors pratiquement une caméra
fonctionnant en infrarouge thermique fournissant une
image infrarouge de la surface cultivée. Un tel
récepteur infrarouge fournit, en opérant par
balayage, une sorte de carte thermique de la surface
30 analysée, en sorte que de le procédé de l'invention
peut encore être appelé un procédé cartographique ,
ou thermographie . Dans le procédé de l'invention on
obtient une carte présentant des taches ou des
surfaces localisées correspondant à des températures

ou des rayonnements spécifiques et de valeurs distincts du rayonnement ou de la température des zones voisines. Le repérage des différences de températures ou de rayonnement peut être effectué par observation visuelle. Si l'on dispose d'une caméra numérisée fournissant une image numérique, c'est-à-dire où toutes les valeurs locales de rayonnement ou températures sont déterminés par une valeur numérique, on peut alors régler ce récepteur ou caméra de manière à être sensible à des gammes de différences de températures prédéterminées, ce qui fournit des isocontours (c'est-à-dire des lignes de rayonnement ou températures identiques, ces lignes étant séparées l'une de l'autre par une différence de rayonnement ou de température d'une valeur prédéterminée, par exemple 0,1°C ou 0,2°C, ou une autre valeur précise supérieure à 0,1°C ou à 0,2°C, mais généralement inférieure à 2°C ou même inférieure à 1°C) . Ces isocontours déterminent ainsi eux-mêmes des taches correspondant aux zones atteintes par la maladie.

Il est bien entendu que dans tout le présent texte relatif à la présente invention, quand on parle de maladie on entend une maladie comme il a déjà été dit plus haut , c'est-à-dire une maladie pouvant donner lieu à des symptômes visibles.

Le procédé de l'invention est donc un procédé qui opère la détection des maladies par balayage de zones imbriquées. Dans ce procédé, le récepteur ou récepteur-mesureur de rayonnement infrarouge peut être porté par un avion ou par une maquette d'engin mobile ou par un ULM, c'est-à-dire un engin volant personnel, ou par un engin à vol automatique préprogrammé ou par un ballon captif ou même par un

satellite artificiel dans la mesure où un tel satellite dispose d'un pouvoir de résolution suffisant pour déterminer la température d'une zone cultivée ayant une surface telle que celles indiquées plus haut, et dans la mesure où un tel satellite aurait une fréquence de passage adéquate selon ce qui est indiqué plus bas.

Dans ce procédé de l'invention qui est un procédé à zones imbriquées, l'existence de taches correspondant à des maladies peut être repérée par observation visuelle humaine, étant entendu que l'on peut aussi faire du traitement d'image par ordinateur. On peut ainsi déterminer un procédé avertissant de l'existence probable d'une atteinte par maladie lorsque les taches déterminées par le récepteur représentent plus de 1 %, de préférence plus de 10 ou même 20 % de la surface totale.

Dans ce procédé de l'invention à zones imbriquées, il est généralement avantageux que l'appareil récepteur soit capable de déterminer des taches correspondant à une surface généralement comprise entre 1 et 20 m², de préférence compris entre 2 et 10 m²

Comme maladies fongiques spécialement détectables par le procédé et les dispositifs selon l'invention, on peut citer :

pour les céréales:

les fusarioses, notamment fusarium roseum et fusarium nivale

les septorioses, notamment septoria nodorum et septoria tritici

- les rouilles, notamment puccinia
striiformis, puccinia recondita et puccinia
coronata
le pythium, notamment pythium sp.
- 5 l'oïdium (erysiphe graminis)
la rynchosporiose (rhynchosporium secalis)
l'helminthosporiose (helminthosporium teres)
le piétin échaudage (ophiobolus graminis)
- 10 pour la betterave:
la rouille (uromyces betae)
la cercosporiose (cercospora beticola)
la ramulariose (ramularia betae)
l'oïdium (erysiphe betae)
- 15 la rhizomanie (polymixa betae)
- pour le colza
le sclerotinia (sclerotinia sclerotiorum)
les taches blanches (pseudocercospora
20 capsellae)
l'alternaria (alternaria brassicae)
la cylindrosporiose (cylindrosporium
concentricum
- 25 pour le tournesol
le phomopsis (phomopsis helianti)
le sclerotinia (sclerotinia sclerotiorum)
le botrytis (botrytis cinerea)
le mildiou (plasmopara helianti)
- 30 pour la pomme de terre
le mildiou (phytophthora infestans)
- pour la vigne

le mildiou (*plasmopara viticola*)
l'oïdium (*uncinula necator*)
le rougeot (*pseudopeziza tracheiphila*)
l'excoriose (*phomopsis viticola*)
5 le black rot (*guignardia bidwellii*)
l'antracnose (*elsinoe ampelina*)

pour les arbres fruitiers
la tavelure (*venturia inaequalis*)
10 l'oïdium (*erysiphe* sp)
le mildiou (*phythophthora cactorum*)

et d'autres maladies telles que la rouille du
caféier (*hemilea vastatrix*), la piriculariose du riz
15 (*piricularia oryzae*), les maladies bactériennes et
les maladies dues à des mycoplasmes, des nematodes et
des virus.

L'invention concerne également un procédé
20 d'avertissement des cultivateurs de cultures
atteintes par des maladies, caractérisé en ce que le
déclanchement de l'avertissement est effectué après
détection des maladies des plantes qui consiste à
réceptionner l'émission de rayonnement infrarouge
25 émise par les plantes d'une zone cultivée (c'est-à-
dire comprenant une culture) et que l'on repère une
différence de rayonnement par rapport à une autre
zone semblable du point de vue de la culture.

Dans le procédé d'avertissement selon
30 l'invention, il est avantageux de procéder à une
détection de manière répétée tous les *n* jours, *n*
étant un nombre de jours allant de 1 à 8, de
préférence de 2 à 4. De manière avantageuse on
augmente la fréquence des détections selon

l'invention dans les périodes connues pour être des périodes à risques, ainsi que dans les zones à risques, c'est-à-dire les zones dans lesquelles le parasitisme produit habituellement plus de 20 % de
5 dégât au moins 8 années sur 10.

L'invention concerne encore un procédé de traitement des cultures contre les maladies des plantes, permettant éventuellement d'éviter les épidémies de maladies des plantes caractérisé en ce
10 que

- * l'on détecte la maladie des plantes en réceptionnant l'émission de rayonnement infrarouge des plantes d'une zone cultivée,

- * que l'on repère une différence de
15 rayonnement par rapport à une autre zone semblable au point de vue de la culture et faisant partie de la même parcelle cultivée;

- * que l'on avertit le cultivateur responsable de la zone cultivée sur laquelle a été faite la
20 détection ou d'une zone cultivée voisine de celle sur laquelle a été faite la détection, et

- * que ledit cultivateur déclanche le traitement phytosanitaire de la ou des dites zones moins de 48 heures après la dite détection, de
25 préférence moins de 24 heures après cette détection.

Les exemples suivants, donnés à titre non limitatifs, illustrent l'invention et montrent comment elle peut être mise en oeuvre.

30
EXEMPLE 1: DETECTION PRECOCE D'UNE MALADIE PAR THERMOGRAPHIE

Deux parcelles de blé contiguës d'une surface de 5 000 m² sont placées au centre d'un champ de blé de 6 ha.

5 Une des parcelles est contaminée artificiellement par du Piétin-Verse, cultivé in vitro (CERCOSPORELLA HERPOTRICHOIDES)

10 Au-dessus de chacune des parcelles, est placé un radiothermomètre incliné à 45° par rapport à la verticale et maintenu par une potence à 3 m au-dessus de la culture.

15 Les deux radiothermomètres sont reliés à une centrale d'acquisition de données qui permet d'enregistrer les 2 températures de surface à un intervalle de 3 secondes, de calculer les écarts et de les cumuler.

20 Les conditions micro météorologiques étaient les suivantes :

- rayonnement global = 775 W/m²
- vitesse du vent à 3 m au-dessus de la culture = 1m/s
- 25 - humidité relative de l'air = 65 %
- température de l'air à 3 m au-dessus du couvert = 18°

30 A l'aide d'une caméra réceptionnant l'infrarouge thermique et balayant la parcelle de culture, on observe des taches se distinguant les unes des autres par des isocontours. Ces isocontours sont distants entre eux d'un écart de 0,2 °C. L'écart maximum entre les températures les plus basses et les plus hautes

est de 1,5 °C. La surface des taches représente 15 % de la surface totale de la parcelle. Les maladies sont donc observables alors que le niveau de contamination, bien que visible à l'oeil nu, n'était que de 20 % pour la 1^{re} gaine, de 10 % pour la 2^e gaine et de 5 % pour la troisième gaine. Cette détection précoce permet une alerte immédiate de l'agriculteur qui peut ainsi traiter immédiatement sa culture.

10 EXEMPLE 2 : DETECTION D'UNE MALADIE DEJA DECLAREE

Deux parcelles de blé contigües d'une surface de 300 m² chacune sont placées au centre d'un champs de blé de 4 ha.

15

Une des parcelles est contaminée par la septoriose, alors que l'autre a été traitée.

Au dessus des parcelles, est placé une caméra thermique maintenue par une potence à 3 m au-dessus de la culture de blé. La caméra mobile est reliée à une centrale de mesure qui permet d'enregistrer les températures de surface ainsi que les paramètres météorologiques à un intervalle de 3 secondes, et qui permet aussi de calculer les écarts de température et de les cumuler.

25

Les conditions micrométéorologiques étant les suivantes :

- rayonnement global : 900 W m⁻²
- 30 - vitesse du vent à 3 m au dessus de la culture : 1,5 m s⁻¹ ;
- humidité relative de l'air : 45 % ;
- température de l'air à 3 m au-dessus du couvert : 22°.

Les écarts de température ont fluctué entre 0,6°
et 1,5° et leur cumul pour 100 mesures (5 minutes) a
atteint 121° [écart moyen de 1,21° est dû à la
5 maladie puisque toutes les conditions culturales sont
identiques (même variété, même densité de semis, même
direction de semis, même indice foliaire)].

L'enregistrement des températures permet
10 d'établir une carte des températures qui correspond
exactement à la carte géographique des zones
infestées et non infestées.

Plus précisément; cet écart de température peut
15 être comparé à la différence de niveau d'infestation
(mesuré par le pourcentage total des surfaces
atteintes).

1ère feuille : 14,4 % et 27,6 % respectivement pour
20 la parcelle

saine et pour la parcelle infestée.

2ème feuille : 26 % et 47,3 % respectivement.

REVENDECATIONS

1) Procédé de détection précoce des maladies.
des plantes caractérisé en ce qu'on réceptionne le
5 rayonnement infrarouge émis par les plantes d'une
zone cultivée (c'est-à-dire comprenant une culture)
et que l'on repère, et éventuellement mesure, une
différence de rayonnement par rapport à une autre
zone semblable du point de vue de la culture et
10 située dans la même surface ou parcelle cultivée.

2) Procédé selon la revendication 1
caractérisé en ce qu'on réceptionne et mesure, et
éventuellement enregistre, le rayonnement infrarouge
15 émis par les plantes d'une zone cultivée.

3) Procédé selon l'une des revendications 1 à
2 caractérisé en ce qu'on détecte des maladies
fongiques des plantes et/ou des maladies issues des
20 nématodes, ces maladies pouvant donner lieu à des
symptômes visibles.

4) Procédé selon l'une des revendications 1 à
3 caractérisé en ce qu'on réceptionne un rayonnement
25 infrarouge thermique émis par les plantes.

5) Procédé selon la revendication 4
caractérisé en ce que le rayonnement émis et reçu est
un rayonnement situé dans la gamme de longueur d'onde
30 comprise entre 5 et 100 microns, de préférence
compris entre 5 et 25 microns.

6) Procédé selon la revendication 5
caractérisé en ce que la longueur d'onde est comprise
entre 8 et 14 microns.

5 7) Procédé selon l'une des revendications 1 à
6 caractérisé en ce que la réception et/ou la mesure
du rayonnement ou de la température et/ou de la
différence de rayonnement ou de température
s'effectue par balayage de toute une surface
10 cultivée.

8) Procédé selon la revendication 7
caractérisé en ce que l'appareil récepteur de
rayonnement infrarouge est une caméra fonctionnant en
15 infrarouge thermique fournissant une image infrarouge
de la surface cultivée.

9) Procédé selon la revendication 8
caractérisé en ce qu'on réalise une carte thermique
20 de la surface analysée.

10) Procédé selon la revendication 9
caractérisé en ce qu'on repère visuellement les
différences de température sur les cartes.
25

11) Procédé selon la revendication 10
caractérisé en ce que la carte représente des isocontours
correspondant à des différences de rayonnement ou de
températures déterminées
30

12) Procédé selon la revendication 11
caractérisé en ce que les isocontours sont séparés
par des différences de température d'au moins 0,1°C,
de préférence au moins 0,2°C.

13) Procédé selon l'une des revendications 1 à 12 caractérisé en ce que la détection s'effectue à l'aide d'un récepteur ou récepteur-mesureur de rayonnement infrarouge qui est porté par un avion ou par une maquette d'engin mobile ou par un ULM, ou par un engin à vol automatique préprogrammé ou par un ballon captif.

14) Procédé selon l'une des revendications 1 à 13 caractérisé en ce qu'on avertit de l'existence probable d'une atteinte par maladie lorsque les taches déterminées par le récepteur représentent plus de 1 %, de préférence plus de 10 % de la surface totale.

15) Procédé selon l'une des revendications 1 à 14 caractérisé en ce que la détection se fait en l'absence de nuages.

16) Procédé selon l'une des revendications 1 à 15 caractérisé en ce que la détection se fait sur des plantes directement éclairées par le soleil.

17) Procédé selon l'une des revendications 1 à 16 caractérisé en ce que la détection s'effectue lorsque l'humidité relative de l'atmosphère est inférieure à 70 %, de préférence inférieure à 50 %.

18) Procédé selon l'une des revendications 1 à 17 caractérisé en ce qu'on opère la détection de maladies des céréales avant l'épiaison, de préférence entre le tallage et le début de la montaison.

5 19) Procédé selon l'une des revendications 1 à 18 caractérisé en ce qu'on opère la détection sur une culture couvrante, c'est-à-dire sur une culture ayant un indice foliaire supérieur à 2, de préférence supérieur à 2,5.

10 20) Procédé selon l'une des revendications 1 à 19 caractérisé en ce qu'on opère la détection dans des conditions opératoires éliminant autant que possible tout phénomène, en particulier les phénomènes météorologiques, pouvant introduire parasitairement des différences de températures ou des différences de rayonnement infrarouge d'origine autre que celui d'une maladie des plantes.

15 21) Procédé selon l'une des revendications 1 à 20 caractérisé en ce qu'on procède par une série de mesures répétées.

20 22) Procédé selon l'une des revendications 1 à 21 caractérisé en ce que ces mesures sont effectuées à intervalles de temps réguliers, l'intervalle individuel ayant une durée comprise entre 2 secondes et 1 minute, de préférence entre 3 et 30 secondes.

25 23) Procédé selon la revendication 22 caractérisé en ce que ces mesures sont effectués sur un intervalle de temps global compris entre 1 minute et trente minutes, de préférence entre 2 minutes et 10 minutes.

30 24) Procédé selon l'une des revendications 1 à 23 caractérisé en ce que la détection se fait par un récepteur de rayonnement infrarouge mobile, notamment

un récepteur fixé sur un support volant et/ou se situant à plus de 2 mètres de la culture.

25) Procédé selon l'une des revendications
5 1 à 24 caractérisé en ce qu'on opère la détection des
maladies suivantes :

pour les céréales:

les fusarioses, notamment *fusarium roseum* et
10 *fusarium nivale*
les septorioses, notamment *septoria nodorum*
et *septoria tritici*
les rouilles, notamment *puccinia*
striiformis, *puccinia recondita* et *puccinia*
15 *coronata*
le pythium, notamment *pythium* sp.
l'oïdium (*erysiphe graminis*)
la rynchosporiose (*rhynchosporium secalis*)
l'helminthosporiose (*helminthosporium teres*)
le piétin échaudage (*ophiobolus graminis*)

20 pour la betterave:

la rouille (*uromyces betae*)
la cercosporiose (*cercospora beticola*)
la ramulariose (*ramularia betae*)
l'oïdium (*erysiphe betae*)
25 la rhizomanie (*polymixa betae*)

pour le colza

le sclerotinia (*sclerotinia sclerotiorum*)
les taches blanches (*pseudocercospora*
30 *capsellae*)
l'alternaria (*alternaria brassicae*)
la cylindrosporiose (*cylindrosporium*
concentricum)

pour le tournesol

le phomopsis (*phomopsis helianti*)

- le sclerotinia (*sclerotinia sclerotiorum*)
- le botrytis (*botrytis cinerea*)
- le mildiou (*plasmopara helianti*)
- pour la pomme de terre
- 5 le mildiou (*phythophthora infestans*)
- pour la vigne
- le mildiou (*plasmopara viticola*)
- l'oïdium (*uncinula necator*)
- le rougeot (*pseudopeziza tracheiphila*)
- 10 l'excoriose (*phomopsis viticola*)
- le black rot (*guignardia bidwellii*)
- l'antracnose (*elsinoe ampelina*)
- pour les arbres fruitiers
- la tavelure (*venturia inaequalis*)
- 15 l'oïdium (*erysiphe* sp)
- le mildiou (*phythophthora cactorum*)
- et d'autres maladies telles que la rouille du
- caféier (*hemilea vastatrix*), la piriculariose du riz
- (*piricularia oryzae*), les maladies bactériennes et
- 20 les maladies dues à des mycoplasmes, des nematodes et
- des virus.

25) Procédé d'avertissement des cultivateurs de cultures atteintes par des maladies, caractérisé en ce que le déclenchement de l'avertissement est effectué après détection des maladies des plantes par un procédé selon l'une des revendications 1 à 25.

27) Procédé selon la revendication 26 caractérisé en ce qu'on répète la détection tous les n jours, n étant compris entre 1 et 8, de préférence entre 2 et 4.

28) Procédé de traitement des cultures et/ou pour éviter les épidémies de maladies des plantes caractérisé en ce que l'on détecte la maladie des plantes selon l'une des revendications 1 à 26 et que

5 l'on avertit le cultivateur responsable de la zone cultivée sur laquelle a été faite la détection ou d'une zone cultivée voisine de celle sur laquelle a été faite la détection, et que ledit cultivateur déclenche le traitement phytosanitaire de la ou des

10 dites zones moins de 48 heures après la dite détection, de préférence moins de 24 heures après cette détection.